

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4711265号  
(P4711265)

(45) 発行日 平成23年6月29日(2011.6.29)

(24) 登録日 平成23年4月1日(2011.4.1)

(51) Int.Cl.		F I
C 1 O M 169/04	(2006.01)	C 1 O M 169/04
C 1 O M 101/02	(2006.01)	C 1 O M 101/02
C 1 O M 101/04	(2006.01)	C 1 O M 101/04
C 1 O M 125/02	(2006.01)	C 1 O M 125/02
C 1 O M 125/26	(2006.01)	C 1 O M 125/26

請求項の数 8 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2007-507228 (P2007-507228)  
 (86) (22) 出願日 平成18年3月8日(2006.3.8)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2006/305065  
 (87) 国際公開番号 W02006/095907  
 (87) 国際公開日 平成18年9月14日(2006.9.14)  
 審査請求日 平成19年5月18日(2007.5.18)  
 (31) 優先権主張番号 特願2005-64869 (P2005-64869)  
 (32) 優先日 平成17年3月9日(2005.3.9)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2005-64884 (P2005-64884)  
 (32) 優先日 平成17年3月9日(2005.3.9)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 304021417  
 国立大学法人東京工業大学  
 東京都目黒区大岡山2丁目12番1号  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100077517  
 弁理士 石田 敬  
 (74) 代理人 100087413  
 弁理士 古賀 哲次  
 (74) 代理人 100113918  
 弁理士 亀松 宏  
 (74) 代理人 100111903  
 弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基本上にセグメント構造硬質膜と固体潤滑層または流体状潤滑層を含む複合摺動構造物、及びそれらの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

グラファイト以外の 基体の表面に被覆された硬質層を含んでなる複合摺動構造物であつて、

前記基体の表面に前記硬質膜を互いに離間して配置されたセグメント構造硬質膜と、各々のセグメント構造硬質膜の間に形成されたセグメント溝部とを備え、且つ

前記セグメント溝部に被覆充填された固体潤滑層、または前記セグメント溝部に含浸充填された液体状潤滑層を含み、

前記セグメント構造硬質膜は、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素、グラファイト、立方晶ボロンナイトライド及び六方晶ボロンナイトライドから成る群の少なくとも1種であり、

10

前記固体潤滑層が、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素、グラファイト、立方晶ボロンナイトライド、六方晶ボロンナイトライド、シリコン、及びフッ素から成る群の少なくとも1種を含み、

前記液体潤滑層は、鉱物油または動植物油を基油とする液体油、グリースまたはワックスのいずれか少なくとも1種を含むことを特徴とする複合摺動構造物。

【請求項2】

前記グラファイト以外の 基体が、金属材料、グラファイトを除く無機材料及び有機材料のいずれか1種からなることを特徴とする請求項1に記載の複合摺動構造物。

【請求項3】

20

前記セグメント溝部を形成する各々の前記セグメント構造硬質膜は、一辺または外径が  $0.1 \mu\text{m} \sim 3 \text{mm}$  の大きさであり、

前記セグメント構造硬質膜の間隔が、 $0.01 \mu\text{m} \sim 1 \text{mm}$  であり、且つ

前記セグメント構造硬質膜の厚さが、 $1 \text{nm} \sim 200 \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の複合摺動構造物。

【請求項 4】

前記セグメント構造硬質膜の間の前記セグメント溝部を離間形成して、変形により前記基体から前記セグメント構造硬質膜の剥離を抑制することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の複合摺動構造物。

【請求項 5】

前記基体上において、前記基体と前記セグメント構造硬質膜の間に非セグメント構造硬質膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 に記載の複合摺動構造物。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載する複合摺動構造物の製造方法であって、

基体の表面上に硬質膜を互いに離間して被覆されるセグメント構造硬質膜を、物理的気相成長法または化学的気相成長法により被覆形成し、且つ

前記セグメント構造硬質膜の間に離間して配置するセグメント溝部に固体潤滑層を被覆することを特徴とする複合摺動構造物の製造方法。

【請求項 7】

請求項 5 に記載する複合摺動構造物の製造方法であって、

基体の表面上に被覆される非セグメント構造硬質膜と、前記非セグメント構造硬質膜の表面上に硬質膜を互いに離間して被覆されるセグメント構造硬質膜とを、物理的気相成長法または化学的気相成長法により被覆形成し、且つ

前記セグメント構造硬質膜の間に離間して配置するセグメント溝部に固体潤滑層を被覆することを特徴とする複合摺動構造物の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載する複合摺動構造物の製造方法であって、前記固体潤滑層がフッ素を含み、前記セグメント溝部にフッ素を含む樹脂をスプレー塗布した後に、 $60 \sim 300$  で焼成することを特徴とする複合摺動構造物の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基体上に硬質膜（例えば、ダイヤモンドと、グラファイトと、立方晶ボロンナイトライド（ $c\text{-BN}$ ）と、六方晶ボロンナイトライド（ $h\text{-BN}$ ）と、ダイヤモンド状炭素膜（ $\text{DL C}$ ））を互いに離間して配置したセグメント構造硬質膜と、各々のセグメント構造硬質膜の間に形成される固体潤滑層、または流体潤滑層と、の組み合わせによって形成される複合摺動構造物及びその製造方法であって、本発明の複合摺動構造物は、従来のダイヤモンド状炭素被膜を備えた基体構造物に比較して極めて優れた低摩擦係数、耐摩耗性、離型性、撥水性と撥油性、潤滑性、摺動性及び防湿性を備える。

【背景技術】

【0002】

基体の表面に形成した硬質摺動膜を有する回転または摺動構造物は、優れた低摩擦係数及び耐摩耗性を備えた構造物である。しかしながら、基体の表面に形成した硬質摺動膜を有する回転または摺動構造物は、基体の変形により基体上の硬質摺動層が破断及び剥離して、回転または摺動するときに摺動構造物を摩耗することになる。

【0003】

基体の表面に形成した硬質摺動膜の破断及び剥離を防止するために、基体と硬質摺動膜の間に中間層を設けて付着力を向上させる方法が用いられている。この中間層を設ける方法は、硬質被膜を設けた構造物の変形量が少ない場合には効果があるが、変形量が大きくなると硬質摺動膜の破断及び剥離が生じる。したがって、硬質被膜を設けた構造物の変形

10

20

30

40

50

量が大きくなると、硬質摺動膜の破断及び剥離が生じることのない優れた低摩擦係数及び耐摩耗性を備えた構造物を提供することができない。

【0004】

従来の工作機械などの回転面及び摺動面に設けられている油溝は、高度の熟練を必要とする手作業によるキサゲ加工により形成している。回転面または摺動面上に幅及び長さと比較して非常に薄い深さの刻み面を多数全面的に設けて、これら刻み面以外の当たり面が平面度を向上させると共にこの刻み面を油溝としている。

【0005】

これらの工作機械は、この刻み面を有する回転面及び摺動面に流体状またはグリース状の潤滑剤油脂を定期的に塗布することにより、この刻み面に潤滑剤油脂を残留させて、一定期間潤滑剤を供給することなく潤滑及び摺動性を維持している。

10

【0006】

しかしながら、キサゲ加工は、手作業であるために深い油溝を形成することができなく、高硬度の回転面及び摺動面にキサゲにより刻む面すなわち溝を形成することができなく、さらにこのキサゲ加工は非常に高価な作業であり且つ高度の熟練を要する。

【0007】

また、潤滑及び摺動を必要とする工作機械の軸受部品は、この軸受部品に油溝が形成されたブッシュまたはメタルライナーが軸受部品に組み込まれる。これらのブッシュまたはメタルライナーには、回転軸を挿入する中心穴が開口され、且つ中心穴の内面に油溝が形成される。この軸受部品は、中心穴に挿入された回転軸が回転する場合、軸受部品の周囲に設けられた潤滑油貯めまたはオイルポットから供給される潤滑剤または油が、ブッシュまたはメタルライナーの中心穴の内面に設けられた油溝に注入されて、潤滑及び摺動性が維持される。

20

【0008】

さらに、上記ブッシュ及びメタルライナーを粉末焼結合金で形成し、焼結時に形成された空孔に潤滑油脂を含浸充填させて、潤滑及び摺動性が維持される。

【0009】

上記軸受部品の油溝は、油溝を形成する面が平面である場合は、フライス盤でエンドミル等を用いて溝を切削加工する。一方、油溝を形成する面が円筒内部である場合は、旋盤で螺旋状の溝を切削加工する。さらに、液圧機器と溝成型型を使用する塑性加工によって、軸受部品の油溝が形成される。

30

【0010】

摺動構造物には潤滑性及び摺動性が必要であり、摺動構造物は上述の手作業または機械加工で油溝を形成している。しかしながら、油溝を手作業及び機械加工で形成することは、非常に熟練を必要とし且つ時間と費用のかかる工程である。

特許文献1：特開2003-147525号公報

特許文献2：特願2004-095207号公報

特許文献3：特開2003-147525号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0011】

硬質膜として使用される例えばダイヤモンド状炭素膜はダイヤモンドと黒鉛との中間の機械的性質を備えていて、構造物の表面に被覆されたダイヤモンド状炭素膜は、優れた耐摩擦性及び耐摩耗性を付与する。また、ダイヤモンド状炭素膜は室温程度の低温度で合成被覆することが可能であり且つ、合成被覆されたダイヤモンド状炭素膜表面は平坦であるために、ダイヤモンド状炭素膜は、低い摩擦性及び高い耐摩耗性の被膜として現在最も期待される材料である。

【0012】

しかし、実用の摺動構造物に例えばダイヤモンド状炭素膜を被覆して使用する場合、被覆される構造物との残留応力の最適化、密着力の向上、膜厚の最適化、耐衝撃性の向上、

50

実際の使用環境下での摩擦係数の低減及び耐摩耗性の向上などさまざまな条件を考慮する必要がある。特に、ゴム、プラスチック、アルミニウムなどのように容易に弾性変形及び塑性変形する基体上にダイヤモンド状炭素膜を被覆した摺動構造物の場合、同一の変形応力に対して上記基体の変形能より硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）の変形能が小さいので、基体構造物の変形により基体から硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）が容易に破断或いは剥離に至ってしまうことがあり、実用範囲の拡大の上で大きな技術的課題となっている。

#### 【0013】

硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）を被覆した基体を含んでなる構造物は優れた耐摩擦性及び耐摩耗性を有するが、これらの基体構造物を高速度の回転構造物及び摺動構造物に適用するために、さらに硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）を被覆した基体でできた構造物に潤滑性及び摺動性を備えさせることが課題となっている。

10

#### 【0014】

非常に硬くて、これらの材料表面に摺動潤滑剤を含浸充填する溝を、手作業で加工することは不可能であり、且つ機械加工で加工することも困難であった。本発明は、上述するような高硬度の材料部品の表面であっても摺動潤滑剤が含浸充填される溝を形成すること、及びそれらの溝に種々の摺動潤滑剤を含浸充填した摺動潤滑構造物を提供することを課題とする。

#### 【0015】

上記の高硬度材料からなる基体に硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素）を被覆してできた構造物は優れた耐摩擦性及び耐摩耗性を有するが、これらの基体構造物を高速度の回転構造物及び摺動構造物に適用するために、さらに硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素）を被覆した基体でできた構造物に潤滑性及び摺動性を備えさせることが課題となっている。

20

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0016】

上記課題の基体の変形による硬質膜の破断及び剥離を解決するために、基体上に硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）を被覆するときに、一方向、2方向（碁盤目状）または無秩序に複数に区分化した硬質膜を被覆形成することにより、すなわち硬質膜をセグメント構造硬質膜とすることにより、それぞれの被膜の間に形成される間隙で基体自体が変形できる。この基体自体の変形によって、セグメント構造硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）を備えた基体構造物が大きな弾性変形及び塑性変形をしても、基体上からこの被膜が剥離することなく変形を可能にすることができる。

30

#### 【0017】

上記課題を解決するために、本発明においては、固体潤滑剤を用いる場合と、流体状潤滑剤を用いる場合とがある。

先ず、構造物の潤滑性及び摺動性を解決するために、固体潤滑剤を各々のセグメント構造硬質膜の間のセグメント溝部に被覆形成する場合を、以下に具体的に示す。

#### 【0018】

##### 固体潤滑剤を用いる場合

本発明の複合摺動構造物1は、基体4の表面に被覆された硬質層を含んでなり、前記基体の表面に前記硬質膜を互いに離間して配置されたセグメント構造硬質膜2と、各々のセグメント構造硬質膜の間に形成されたセグメント溝部5とを備え、且つ前記セグメント溝部に被覆充填された固体潤滑層3を含んでなることを特徴とする。

40

#### 【0019】

また、本発明の複合摺動構造物1を形成する固体潤滑層3が、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素(DLC)、グラファイト、立方晶ボロナイトライド(c-BN)、六方晶ボロナイトライド(h-BN)から成る群の少なくとも1種を含んでなることを特徴とする。回転速度または摺動速度、及び負荷荷重を考慮することによって、固体潤滑層3は、樹脂を含まなくても十分な潤滑効果を得ることができる。

50

## 【0020】

また、本発明の複合摺動構造物1を形成する硬質膜からなるセグメント構造硬質膜2が、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素(DLC)、グラファイト、立方晶ボロンナイトライド(c-BN)、六方晶ボロンナイトライド(h-BN)から成る群の少なくとも1種からなることを特徴とする。

## 【0021】

本発明の複合摺動構造物1を形成する基体が、金属材料、グラファイトを除く無機材料及び有機材料のいずれか1種からなることを特徴とする。基体は一般的に使用する構造材料であって、金属材料は単一金属又はそれらの合金であり、無機材料はガラス、セラミック及び酸化物及び化合物であり、有機材料はプラスチック及び樹脂らを含む。

10

## 【0022】

また、本発明の複合摺動構造物1を形成するセグメント溝部5を形成する各々の前記セグメント構造硬質膜2は、一辺または外径が $0.1\mu\text{m} \sim 3\text{mm}$ の大きさであり、前記セグメント構造硬質膜の間隔が、 $0.01\mu\text{m} \sim 1\text{mm}$ であり、且つ前記セグメント構造硬質膜の厚さが、 $1\text{nm} \sim 200\mu\text{m}$ であることを特徴とする。この場合、セグメント構造硬質膜の一辺または外径が $0.1\mu\text{m}$ 以下であると、セグメント構造硬質膜の付着力が低下してセグメント構造硬質膜が剥離する恐れがあり、 $3\text{mm}$ 以上であると基体の変形により破断及び剥離する恐れがある。また、セグメント構造硬質膜の間隔が、 $0.01\mu\text{m}$ 以下であるとその間に固体潤滑剤を十分に被覆することができず、十分な潤滑性を得ることができず、且つ $1\text{mm}$ 以上であるとセグメント構造硬質膜を設けた効果が小さくなってしまふ。さらに、セグメント構造硬質膜の厚さが、 $1\text{nm}$ 以下であると十分な耐摩耗性を得ることができず、且つ $200\mu\text{m}$ 以下で十分な耐摩耗性が得られる。

20

## 【0023】

また、本発明の複合摺動構造物1を形成するセグメント構造硬質膜2の間の前記セグメント溝部5を離間形成して、変形により前記基体4から前記セグメント構造硬質膜2の剥離を抑制することを特徴とする。

## 【0024】

また、本発明の複合摺動構造物1を形成する非セグメント構造ダイヤモンド膜と、非セグメント構造窒化ボロン膜と、非セグメント構造ダイヤモンド状膜と、非セグメント構造のシリコンの少なくとも1種を $30 \sim 70$ 原子%とから成る非セグメント構造硬質膜の少なくとも1種が、前記セグメント構造硬質膜の間のセグメント溝部上に、または前記セグメント構造硬質膜と前記セグメント溝部との上に、 $0.01\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ の厚さで形成されることを特徴とする。上記非セグメント構造硬質膜は、セグメント構造硬質膜より薄くすることにより基体も変形することができ、且つセグメント構造硬質膜とともに耐摩耗性を向上させるものである。

30

## 【0025】

上記の複合摺動構造物1の製造方法は、基体4の表面上に硬質膜を互いに離間して被覆されるセグメント構造硬質膜2を、物理的気相成長法または化学的気相成長法により被覆形成し、且つ前記セグメント構造硬質膜2の間に離間して配置するセグメント溝部5に固体潤滑層3を被覆する、ことを特徴とする。

40

## 【0026】

また、上記の複合摺動構造物1の製造方法は、基体4の表面上に被覆される非セグメント構造硬質膜と、前記非セグメント構造硬質膜の表面上に硬質膜を互いに離間して被覆されるセグメント構造硬質膜2とを、物理的気相成長法または化学的気相成長法により被覆形成し、且つ前記セグメント構造硬質膜2の間に離間して配置するセグメント溝部5に固体潤滑層3を被覆する、ことを特徴とする。

## 【0027】

流体状潤滑剤を用いる場合

本発明の流体状潤滑剤を含む複合摺動構造物に関して、以下に具体的に説明する。

本発明の高硬度を有する流体状潤滑剤を含む複合摺動構造物は、優れた低摩擦係数及び

50

耐摩耗性を付与するために構造物表面に硬質膜が被覆形成される。さらに本発明の複合摺動構造物は、摺動及び潤滑性を備えるために、構造物表面に硬質膜（例えば、ダイヤモンド状炭素膜）を被覆するときに、1方向、2方向（碁盤目状）または無秩序に複数に区分化したセグメント構造硬質膜を被覆形成することにより、各セグメント構造硬質膜の間に所定間隔を有する溝を設けて、この溝に流体状潤滑剤を含浸充填する。

本発明の上記のそれぞれの課題は、具体的には次に示す手段により解決する。

【0028】

本発明の流体状潤滑層を含む複合摺動構造物1'は、基体4'の表面に被覆された硬質膜を含んで成り、前記基体の表面に前記硬質膜を互いに離間して配置されたセグメント構造硬質膜2'と、各々のセグメント構造硬質膜2'、2'の間に形成されたセグメント溝部5'とを備え、且つ前記セグメント溝部に含浸充填された液体油、グリースまたはワックスのいずれか一つからなる流体状潤滑層3'を含んで成ることを特徴とする。

10

【0029】

本発明の複合摺動構造物1'を形成する流体状潤滑層3'は、鉱物油または動植物油を基油とすることを特徴とする。

【0030】

さらに、本発明の複合摺動構造物1'を形成する流体状潤滑層3'は、炭化物、窒化物、炭窒化物、酸化物、水酸化物、硫化物、硼化物及び弗化物からなる群のいずれか1種から成る群の少なくとも1種を5~95wt%未満含んでなることを特徴とする。これらの炭化物、窒化物、炭窒化物、酸化物、水酸化物、硫化物、硼化物及び弗化物からなる群は、チタン、クロム、タングステン及び珪素の炭化物、窒化物、炭窒化物、酸化物であり、且つ水酸化物、硫化物、硼化物及び弗化物はカーボンナノチューブ、フラーレン、ハイドロキシアパタイト、硫化モリブデン(MoS<sub>2</sub>)から成る。この場合、5wt%以下では潤滑効果を満足することができず、95wt%以上では流体状潤滑剤層と添加物との相乗効果を低下させることになる。

20

【0031】

本発明の複合摺動構造物1'を形成する硬質膜からなるセグメント構造硬質膜2'は、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素、グラファイト、立方晶ボロンナイトライド及び六方晶ボロンナイトライドから成る群の少なくとも1種を選択して含有することを特徴とする。

30

【0032】

本発明の複合摺動構造物1'を形成する基体4'は、金属材料、グラファイトを除く無機材料及び有機材料のいずれか1種からなることを特徴とする。基体は一般的に使用する構造材料であって、金属材料は単一金属又はそれらの合金であり、無機材料はガラス、セラミック及び酸化物及び化合物であり、有機材料はプラスチック及び樹脂等を含む。

【0033】

また、本発明の複合摺動構造物1'を形成するセグメント溝部5'を形成する各々のセグメント構造硬質膜2'は、一辺または外径が0.1µm~3mmの大きさであり、前記セグメント構造硬質膜の間隔が、0.1µm~5mmであり、且つ前記セグメント構造硬質膜の厚さが、0.1µm~100µmであることを特徴とする。

40

この場合、セグメント構造硬質膜の一辺または外径が0.1µm以下であると、セグメント構造硬質膜の付着力が低下してセグメント構造硬質膜が剥離する恐れがあり、3mm以上であると基体の変形により破断及び剥離する恐れがある。また、セグメント構造硬質膜の間隔が、0.01µm以下であるとその間に流体状潤滑剤を十分に含浸することができず、十分な潤滑性を得ることができず、且つ5mm以上ではセグメント構造硬質膜を設けた効果が小さくなってしまう。さらに、セグメント構造硬質膜の厚さが、0.1µm以下であるとその厚みと同等の各種添加剤が混入されている流体潤滑剤の効果を得ることができず、且つ100µm以上にすると被覆に時間がかかり費用の増加をもたらす。

【0034】

また、本発明の複合摺動構造物1'は、前記セグメント構造硬質膜2'の間の前記セグ

50

メント溝部 5' を離間形成して、変形により前記基体 4' から前記セグメント構造硬質膜 2' の剥離を抑制することを特徴とする。

【0035】

また、本発明の複合摺動構造物 1' は、非セグメント構造ダイヤモンド膜と、非セグメント構造ダイヤモンド状炭素膜と、非セグメント構造立方晶ボロンナイトライドと、非セグメント構造六方晶ボロンナイトライドと、非セグメント構造のシリコンを 30 ~ 70 原子% 含む前記非セグメント構造のいずれか 1 種の硬質膜と、から成る群の少なくとも 1 種が、前記セグメント構造硬質膜の間のセグメント溝部上に、または前記セグメント構造硬質膜と前記セグメント溝部との上に、0.01 μm ~ 50 μm の厚さで形成されることを特徴とする。上記非セグメント構造硬質膜は、セグメント構造硬質膜より薄くすることにより基体も変形することができ、且つセグメント構造硬質膜とともに耐摩耗性を向上させるものである。

10

【0036】

上記の複合摺動構造物 1' の製造方法は、基体 4' の表面上に硬質膜を互いに離間して被覆されるセグメント構造硬質膜 2' を、物理的気相成長法または化学的気相成長法により被覆形成し、且つ前記セグメント構造硬質膜の間に形成されたセグメント溝部 5' 内に含浸充填させる流体状潤滑層 3' を、減圧、常圧及び高圧の少なくとも一つの雰囲気中で含浸充填する、ことを特徴とする。

【0037】

さらに、上記の複合摺動構造物 1' の製造方法は、基体 4' の表面上に被覆される前記非セグメント構造硬質膜と、前記非セグメント構造硬質膜の表面上に互いに離間して形成されるセグメント構造硬質膜 2' とを、物理的気相成長法または化学的気相成長法により被覆形成し、且つ、前記セグメント構造硬質膜 2' の間に離間して配置するセグメント溝部 5' に含浸させる流体状潤滑層 3' を、減圧、常圧及び高圧の少なくとも一つの雰囲気中で含浸充填することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0038】

基体上に被覆形成されたセグメント構造硬質膜と、各硬質膜で形成されるセグメント構造硬質膜の間の形成されたセグメント溝部に被覆充填された個体潤滑剤または流体状潤滑剤と、を含んで成る本発明の複合摺動構造物は、セグメント溝部が形成されない従来技術及びセグメント溝部に潤滑剤が被覆または含浸されていない従来技術の摺動膜を有する摺動構造物に比較して、摩擦係数が 0.1 以下という優れた安定性が得られた。

30

【0039】

また、本発明の複合摺動構造物は、固体潤滑層または流体状潤滑剤が複合されていない従来技術の摺動膜を有する摺動構造物に比較して、非常に優れた耐摩耗性、離型性、撥水性と撥油性、及び防湿性が得られた。

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

固体潤滑層の実施例

本発明の複合摺動構造物においては、硬質層と固体潤滑剤層からなる複合摺動膜は、化学気相成長法（プラズマ、光及びレーザ CVD 法）、スパッタリング法（直流、高周波、マグネトロン及びイオンスパッタリング）及び物理気相成長法（真空及び低圧雰囲気蒸着法）により被覆形成されるが、特に好ましい方法は、プラズマ化学気相成長法である。

40

【0041】

本発明の複合摺動構造物の一方を形成するセグメント構造硬質膜（DLC）は、一辺または外径が 0.1 μm ~ 3 mm の範囲内であり、セグメント構造硬質膜とセグメント構造硬質膜の間隔が 0.01 μm ~ 1 mm であり、且つセグメント構造硬質膜の厚みが 1 nm ~ 200 μm である。好ましくはセグメント構造硬質膜が、一辺が 20 μm x 20 μm で、間隔が 20 μm で、厚みが 200 nm のマイクロセグメント構造硬質膜を基体上に被覆し、溝部にフッ素を含む樹脂をスプレー塗布した後に 60 ~ 300 （好ましくは 1

50

30 ~ 200 )で焼成する。このようにして、硬質膜とフッ素樹脂とから成る複合保護膜が基体上に形成されて複合摺動構造物となる。

【0042】

この硬質膜とフッ素樹脂とから成る複合保護膜及び基体とから形成された複合摺動構造物は、セグメント構造硬質膜が鉄鋼材料をはじめとする多くの金属などの材料に被覆した場合に、空気中できわめて低い摩擦係数 ( $\mu = 0.1$ 未満)を有する。しかもこのセグメント構造硬質膜は、セグメント構造硬質膜の特徴である変形能の高い特徴を維持しつつ、ガスバリア性、離型性、撥水性および化学安定性を有する。

【0043】

さらに、本発明においては、各セグメント構造硬質膜に、シリコンまたはフッ素を含ませるのが好ましい。このセグメント構造硬質膜にシリコンを含ませる場合、テトラメチルシラン、 $(Si(CH_3)_4)$ を、 $(Si(CH_3)_4) / (Si(CH_3)_4) + (C_2H_2) = 0.09$ 程度すなわちSiをCの約10原子%程度流入させるのが好ましい。また、このセグメント構造硬質膜にフッ素を含ませる場合、 $(CF_4) / (CF_4) + (C_2H_2) = 0.5$ 程度すなわちFをCの約50原子%程度で流入させるのが好ましい。この固体潤滑層はフッ素を含む潤滑樹脂であってもよい。

【0044】

各セグメント構造硬質膜の間に形成されるセグメント溝部に被覆する固体潤滑層または潤滑剤樹脂は、セグメント溝部に被覆するだけでなく、セグメント構造硬質膜の表面上に10  $\mu m$ 以下被覆することができる。このように被覆することによって、セグメント構造硬質膜の表面上の固体潤滑層または潤滑剤樹脂が摩滅した後に、セグメント構造硬質膜が出現するので、潤滑性能が向上するが耐摩耗性に影響を及ぼすことはない。

【0045】

また、本発明においては、各セグメント構造硬質膜の間に形成されるセグメント溝部に被覆する固体潤滑層に、フッ素樹脂以外を含ませることができる。すなわち、テトラメチルシラン、 $(Si(CH_3)_4) + (C_2H_2)$ で合成したシリコン系の樹脂をセグメント溝部に被覆充填する。 $(Si(CH_3)_4) / (Si(CH_3)_4) + (C_2H_2)$ の流量比は、1 ~ 100%で実験を行ったが、Si/Cが0.5 ~ 5原子%好ましくは1 ~ 2.5原子%の範囲が適切である。

【0046】

上述のフッ素樹脂の場合と同様に、各セグメント構造硬質膜の間に形成されるセグメント溝部に被覆する固体潤滑層または潤滑剤樹脂は、セグメント溝部に被覆するだけでなく、セグメント構造硬質膜の表面上に10  $\mu m$ 以下被覆することができる。このように被覆することによって、セグメント構造硬質膜の表面上の固体潤滑層または潤滑剤樹脂が摩滅した後に、セグメント構造硬質膜が出現するので、潤滑性能が向上するが耐摩耗性に影響を及ぼすことはない。

【0047】

実施例1

複合摺動構造物のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法

本発明の複合摺動構造物の一部を、図1に模式的に示す。本実施例の複合摺動構造物1は、メッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により、シリコン基体の基体4上に硬質膜であるダイヤモンド状炭素膜を、セグメント構造硬質膜2とセグメント溝部5を形成するように被覆合成して形成した。メッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜2と、それらの間に形成されるセグメント溝部5とを、図5 ~ 図7に顕微鏡写真で示す。これらの図に示されるように、各々のセグメント構造硬質膜2の間に所定の間隔で離間配置するセグメント溝部5を形成することができる。本実施例のダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜2は、1辺が20  $\mu m \times 20 \mu m$ のほぼ正方形であり、且つセグメント溝部5の幅は20  $\mu m$ であった。

【0048】

10

20

30

40

50



その後、セグメント構造硬質膜 2 を形成する表面及びセグメント溝部 5 に、スプレー方式でフッ素樹脂を塗布して、さらにその後、フッ素樹脂を加熱硬化させて固体潤滑層 3 を形成して、複合摺動構造物 1 を作成した。上記塗布の際に、固体潤滑層 5 であるフッ素樹脂が、ダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜 2 とセグメント溝部 5 との双方を全面的に覆った。しかし上述したように、セグメント構造硬質膜の表面上の固体潤滑層または潤滑剤樹脂が摩滅した後に、セグメント構造硬質膜が出現するので、潤滑性能を向上させるが耐摩耗性に影響を及ぼすことはない。

#### 【 0 0 4 9 】

##### 実施例 2

##### 複合摺動構造物の特性評価

本発明のセグメント構造硬質膜 2 と固体潤滑層 5 を含む複合摺動構造物 1 を、ボールオンディスク法により評価した。評価に使用したボールは直径 6 mm の S U J 2 材を使用した。図 2 に、0 . 5 N の荷重で負荷した場合のボールオンディスク法により評価した本発明と比較例の摩擦係数と摺動回転数の関係を示す。比較例として同じ大きさのセグメント構造硬質膜のみを含み固体潤滑層を含まない摺動膜構造物の結果も併記した。

#### 【 0 0 5 0 】

図 2 に示すように、本発明の複合摺動構造物は、比較例の固体潤滑層を含まない保護膜構造物と比較して、摩擦係数が低くて 1 0 0 0 r p m の摺動回転数までほぼ 0 . 1 以下の範囲であった。一方、図 2 に示す比較例の摩擦係数は、初期の摺動回転数から 0 . 1 より大きく、且つ摺動回転数の増加とともに次第に増加する傾向を示す。

#### 【 0 0 5 1 】

大きな荷重を負荷した場合の本発明の複合摺動構造物の摩擦係数の変動傾向を調べた。図 3 に、1 . 0 N の荷重で負荷した場合のボールオンディスク法により評価した本発明と比較例の摩擦係数と摺動回転数の関係を示す。

#### 【 0 0 5 2 】

本発明の複合摺動構造物は、図 2 及び図 3 に示すように摺動回数が 3 0 0 回程度では摩擦係数は 0 . 1 以下でほとんど変化することはない。図 5 は、本発明のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜とセグメント溝部とを示し、3 0 0 回までの摺動をした後の顕微鏡写真である。図 5 の複合摺動構造物の表面の顕微鏡写真に示すように、本発明の複合摺動構造物は、摺動回数が 3 0 0 回以下までは、摺動摩擦面のセグメント構造硬質膜とセグメント溝部との双方に摺動したときの摺動跡が見られるので、セグメント構造硬質膜とセグメント溝部との双方の上に全面的または部分的に固体潤滑剤が残留している。

#### 【 0 0 5 3 】

図 6 は、本発明のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜とセグメント溝部とを示し、8 0 0 回まで摺動した後の顕微鏡写真である。図 6 の複合摺動構造物の表面の顕微鏡写真に示すように、本発明の複合摺動構造物は、摺動回数が約 8 0 0 回以下では、摺動摩擦面のセグメント構造硬質膜に摺動したときの摺動跡が見られないので、セグメント構造硬質膜上に固体潤滑剤が残留せず、セグメント溝部に固体潤滑剤が残留している。すなわち、本発明の複合摺動構造物は、摺動回数が約 3 0 0 回を越えて 8 0 0 回以下では、セグメント溝部に固体潤滑剤が残留しているので、比較例のセグメント溝部に固体潤滑剤を含まない摺動膜構造物と比較して、低摩擦であることが示される。

#### 【 0 0 5 4 】

図 7 は、本発明のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜とセグメント溝部とを示し、約 1 0 0 0 回まで摺動した後の顕微鏡写真である。図 7 の複合摺動構造物の表面の顕微鏡写真に示すように、本発明の複合摺動構造物は、摺動回数が 8 0 0 回を越え 1 0 0 0 回に達するとセグメント溝部の固体潤滑層も残留していないので図 3 にも示されるように摩擦係数が上昇する傾向を示す。

10

20

30

40

50

## 【0055】

図3に示す1Nの負荷荷重のときのボールオンディスク法により評価した本発明と比較例の摩擦係数と摺動回数との関係から、本発明の複合摺動構造物は、摺動回数が約800回を越えると摩擦係数が上昇している。このことは、セグメント溝部に被覆された固体潤滑層がほとんど摩滅したためである。しかしながら、図2に示す0.5Nの負荷荷重のときのボールオンディスク法により評価した本発明と比較例の摩擦係数と摺動回数との関係から、本発明の0.5Nの負荷荷重のときの複合摺動構造物は、摺動回数が約1000回を越えても、セグメント溝部の固体潤滑層が摩滅していない。これは、荷重条件の相違により、接触面積及び固体潤滑層に負荷される応力が変化することに依存している。したがって、本発明の複合摺動構造物は、セグメント構造硬質膜と固体潤滑層に負荷される荷重によって、摩滅及び剥離が生じることが考えられるので、実際の構造物の負荷条件に応じて、セグメント構造硬質膜とセグメント溝部の大きさを決定し、且つ潤滑剤の硬さもそれによって決定する。

10

## 【0056】

## 流体状潤滑層の実施例

本発明の流体状潤滑層を含む複合摺動構造物においては、複合摺動構造物1'のセグメント溝部5'に含浸充填させる流体状潤滑層3'は、液体油、グリースまたはワックスのいずれか一つであり、これらは鉱物油または動植物油を基油とする。これらの基油とする潤滑油はISO粘度グレード(JIS K2001)の表示でISO VG22~VG220までを使用する。また、これらの潤滑油には種々の添加剤が含まれるが、これらの添加剤が均一に潤滑油内に分散されていることが望ましい。このため潤滑油の油膜が1~15 $\mu\text{m}$ 好ましくは1~5 $\mu\text{m}$ 程度にすることが必要である。この油膜の厚みに基づいて、複合摺動構造物1'のセグメント溝部5'の深さを1~100 $\mu\text{m}$ の範囲とするために、セグメント構造硬質膜の厚みが1~100 $\mu\text{m}$ の範囲となる。

20

## 【0057】

## 実施例3

本発明の複合摺動構造物1'は、メッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜と、セグメント溝部とを有する。図5~図7の複合摺動構造物の表面の顕微鏡写真に示すように、一辺が約20 $\mu\text{m}$ のほぼ正方形のダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜が形成されている。そして、各々のセグメント構造硬質膜は、約20 $\mu\text{m}$ の間隔で離間配置している。

30

## 【0058】

## 実施例4

## 摺動構造物のセグメント溝部への給油方法

上述のように摺動構造物に設けられたセグメント構造硬質膜の間隔0.1 $\mu\text{m}$ ~5mmは、セグメント溝部の幅である。セグメント構造硬質膜は合成条件によって撥油性があり、且つこのセグメント溝部の幅が狭くなる下限側では、流体潤滑剤の粘性及び表面張力に大きさによっては、通常の大気圧ではセグメント溝部への流体状潤滑剤の含浸充填が比較的困難となる。表面張力の相違による流体状潤滑剤の状態を図4(a)及び(b)に示す。流体状潤滑剤は、図4の(b)に示すようにセグメント溝部で凸の状態になるのが好ましい。この流体状潤滑剤の含浸充填を容易にするために、流体状潤滑剤特にグリースは減圧雰囲気中(0.9~0.1気圧(約8900~980パスカル))でセグメント溝部に含浸充填する。

40

## 【0059】

本発明の流体状潤滑剤を含む複合摺動構造物のセグメント溝部は、1回このように減圧して含浸することにより、その後流体状潤滑剤の含浸が必要なときは、減圧雰囲気することなく大気圧雰囲気中で初期と同種の流体状潤滑剤を充填することができる。この理由は、粘度のある流体状潤滑剤の性質により、セグメント溝部内から流体状潤滑剤が完全に流出することがないので、セグメント溝部が流体状潤滑剤でぬれているからである。

## 【0060】

50

なお、0.9～0.1気圧程度の減圧室を設けた含浸装置は、低真空用ポンプ、排気装置或いは大気吸着剤（モリキュラーチューブ）を利用して十分に排気することができる。この0.9～0.1気圧程度の減圧室は、大気を完全に遮断することは必要なく、セグメント溝部で大気と流体状潤滑剤の置換ができればよい。したがって、本発明の複合摺動構造物の含浸充填工程は、順次連続的に装置に摺動構造物を挿入して含浸工程を続けることができる。

#### 【0061】

##### 実施例5

##### セグメント構造硬質膜の寸法とセグメント溝部の交差形状

本発明に流体状潤滑層を含む複合摺動構造物は、0.1 $\mu\text{m}$ ～100 $\mu\text{m}$ の厚みのセグメント構造硬質膜2が基体4の表面上に0.1 $\mu\text{m}$ ～5mmの間隔で離間配置したセグメント溝部5を形成することにより優れた耐摩耗性が備わる。セグメント溝部は、互いに並行の溝部であっても、また互いに交差する溝部であっても、さらに無秩序に交差する溝部であってもよい。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0062】

本発明の複合摺動構造物は、基体表面に非常に硬い硬質膜のセグメント構造硬質膜が備わるので、特に、高速回転及び高速摺動する装置に適用される。

また、本発明の固体潤滑層を含む複合摺動構造物は、セグメント溝部に固体潤滑層が被覆されるので乾燥状態で、周囲の塵芥付着をもたらすため液状潤滑剤を用いることができない、航空宇宙用装置及び超精密装置に特に適用される。

さらに、本発明の流体状潤滑層を含む複合摺動構造物は、セグメント溝部に流体状潤滑層が含浸充填されるので、潤滑剤を補給し難い場所での使用や、メンテナンス時期の延長を計画できるなど、多くの装置に適用される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0063】

【図1】図1は、本発明の固体潤滑剤または流体状潤滑剤を有する複合摺動構造物の一部を模式的に示す図である。

【図2】図2は、0.5Nの負荷荷重のときのボールオンディスク法により評価した本発明の固体潤滑剤を有する複合摺動構造物と比較例の摩擦係数と摺動回数との関係を示す。

【図3】図3は、1Nの負荷荷重のときのボールオンディスク法により評価した本発明の固体潤滑剤を有する複合摺動構造物と比較例の摩擦係数と摺動回数との関係を示す。

【図4】図4は、表面張力の相違による流体状潤滑剤のセグメント溝部での状態を示し、本発明の流体状潤滑剤が凹の状態を(a)に示し且つ凸の状態を(b)に示す。

【図5】図5は、本発明のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜とセグメント溝部とを示し、300回までの摺動をした後の顕微鏡写真である。

【図6】図6は、本発明のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜とセグメント溝部とを示し、800回までの摺動をした後の顕微鏡写真である。

【図7】図7は、本発明のメッシュ電極を用いたプラズマ化学気相成長法により被覆合成したダイヤモンド状炭素膜からなるセグメント構造硬質膜とセグメント溝部とを示し、1000回までの摺動をした後の顕微鏡写真である。

10

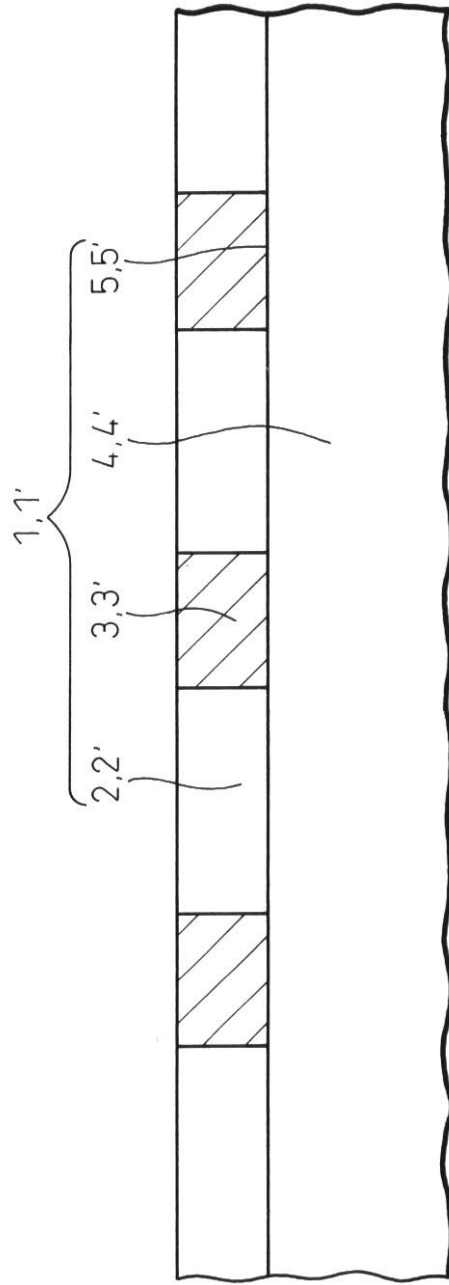
20

30

40

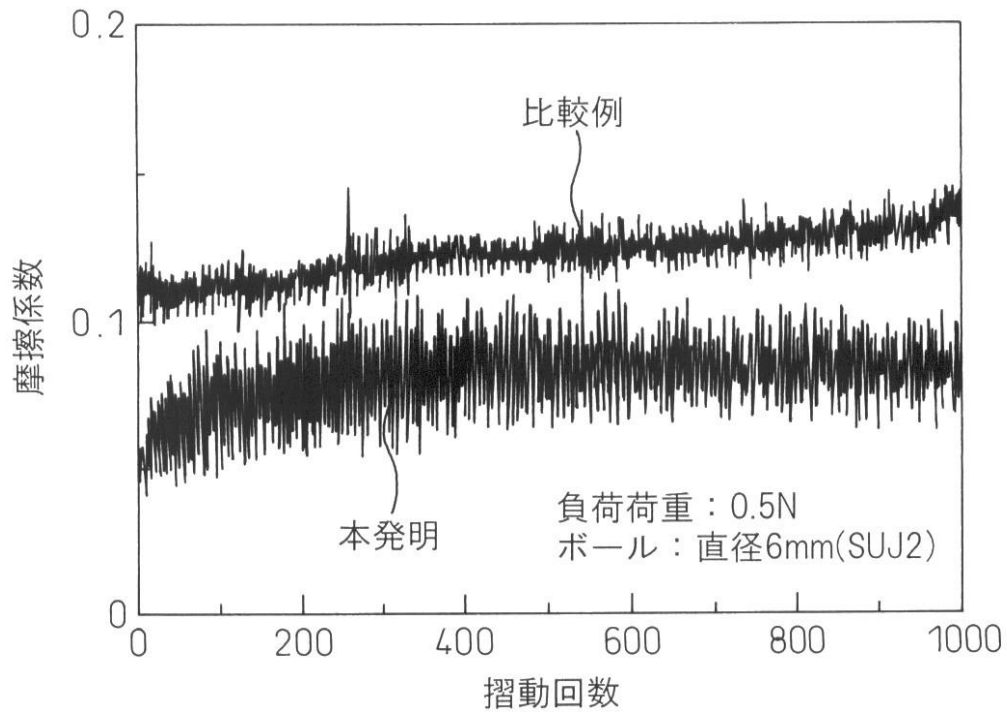
【 図 1 】

Fig. 1



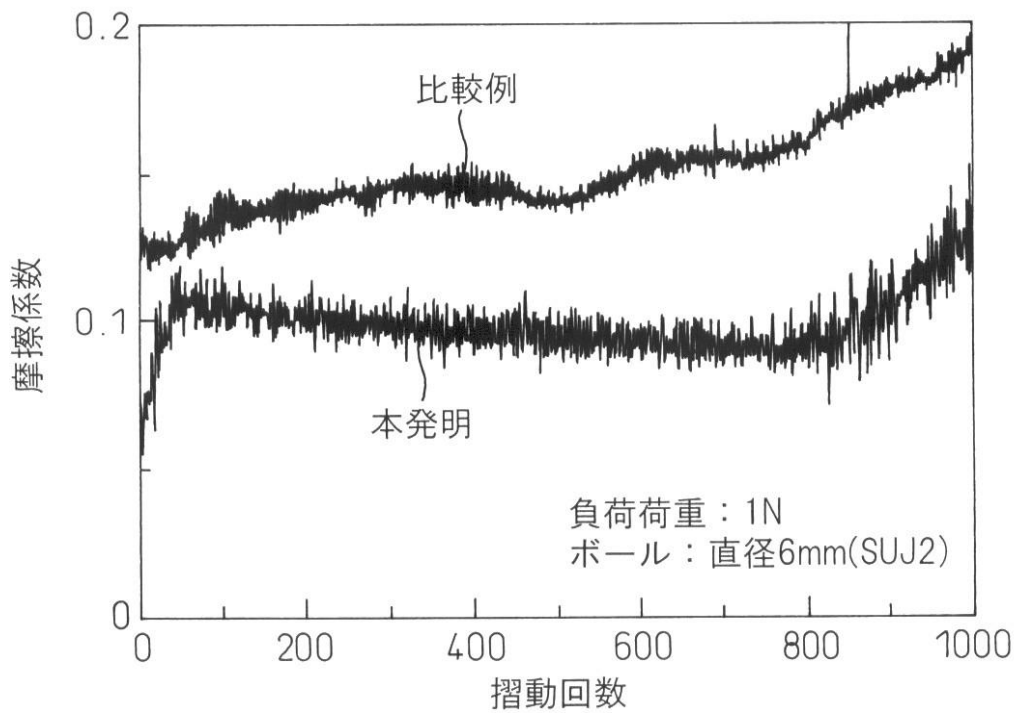
【図2】

### Fig.2



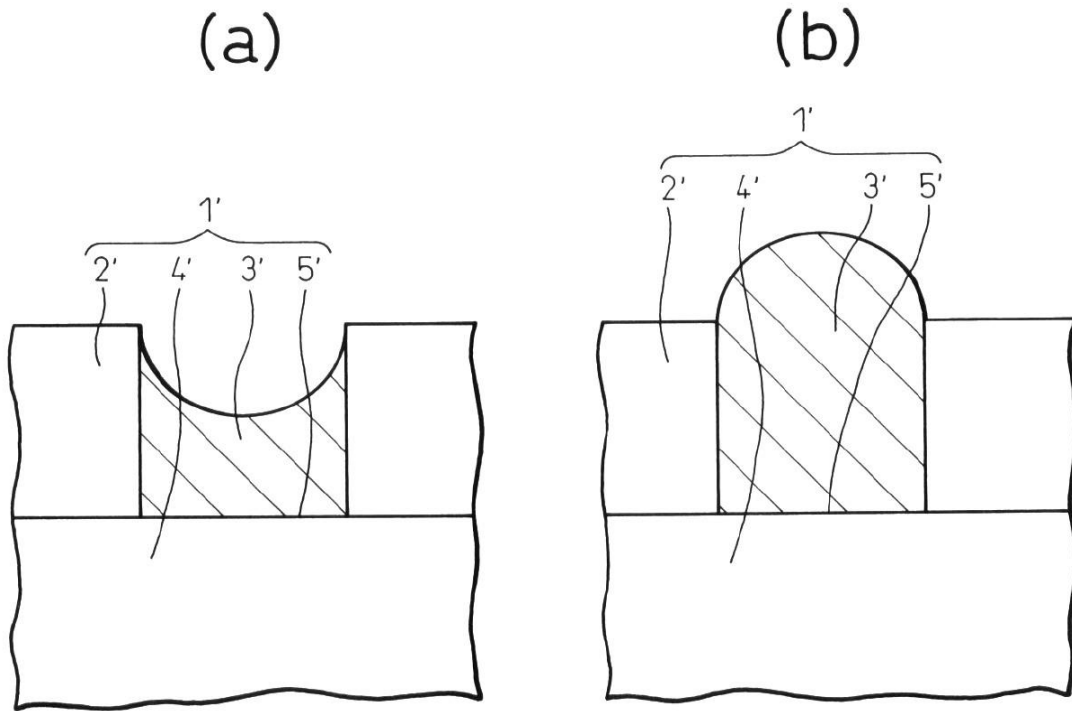
【図3】

### Fig.3



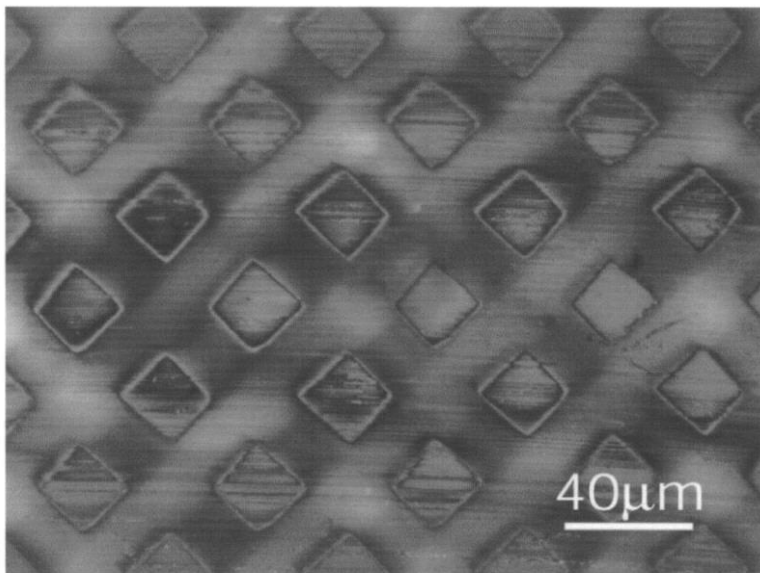
【 図 4 】

Fig.4



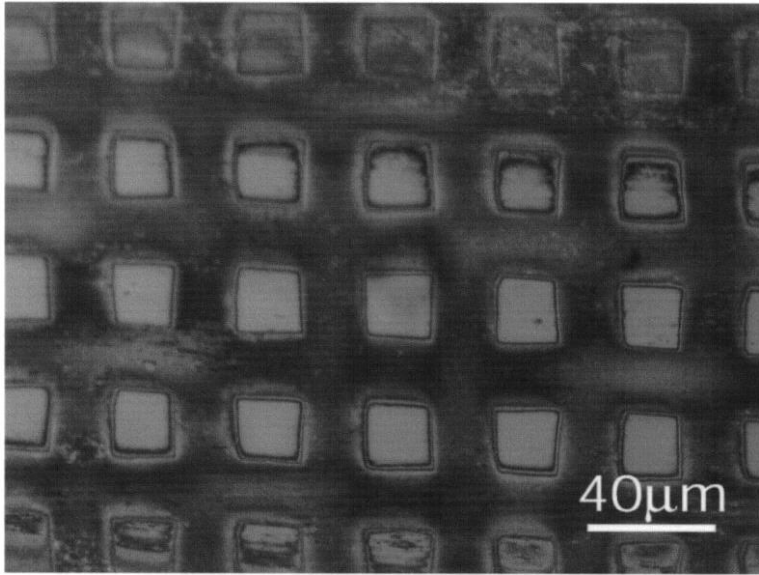
【 図 5 】

Fig.5



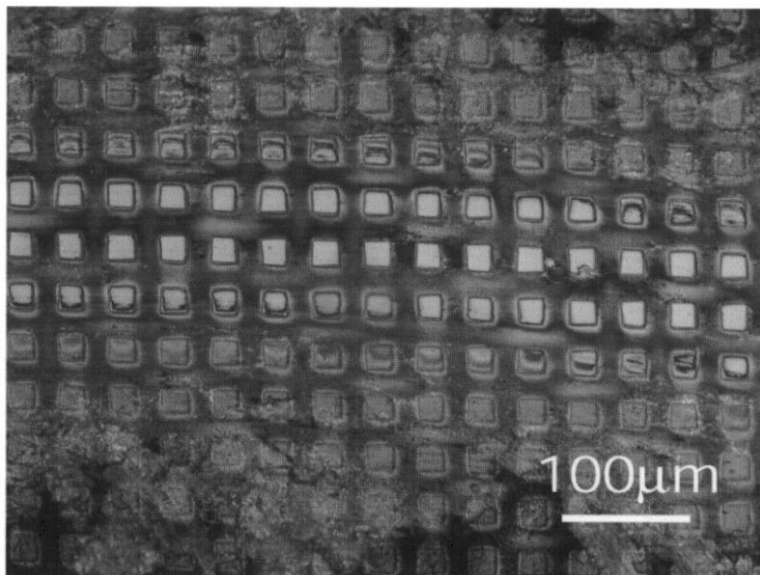
【 図 6 】

# Fig.6



【 図 7 】

# Fig.7



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
C 1 0 M 125/04	(2006.01)	C 1 0 M 125/04	
C 1 0 M 125/18	(2006.01)	C 1 0 M 125/18	
C 1 0 M 125/08	(2006.01)	C 1 0 M 125/08	
C 1 0 M 125/10	(2006.01)	C 1 0 M 125/10	
C 1 0 M 125/20	(2006.01)	C 1 0 M 125/20	
C 1 0 M 125/22	(2006.01)	C 1 0 M 125/22	
C 1 0 N 30/00	(2006.01)	C 1 0 N 30:00	Z
C 1 0 N 30/06	(2006.01)	C 1 0 N 30:06	
C 1 0 N 40/02	(2006.01)	C 1 0 N 40:02	
C 1 0 N 50/10	(2006.01)	C 1 0 N 50:10	

- (72)発明者 大竹 尚登  
東京都目黒区大岡山 2 - 1 2 - 1 国立大学法人東京工業大学内
- (72)発明者 松尾 誠  
東京都大田区大森西 4 - 1 8 - 1 3 株式会社松尾工業所内
- (72)発明者 青木 佑一  
東京都目黒区大岡山 2 - 1 2 - 1 国立大学法人東京工業大学内

審査官 品川 陽子

- (56)参考文献 特開昭 6 0 - 1 3 5 5 6 4 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 0 2 8 7 9 1 ( J P , A )  
特開平 0 7 - 0 1 1 2 7 2 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 0 8 9 8 9 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 4 7 5 2 5 ( J P , A )

## (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C10M 171/00  
C10M 101/00-103/06  
C10M 107/38  
C10M 107/50  
C10M 109/00  
C10M 125/00-125/30  
C10M 177/00  
C10N 20/00  
C10N 30/06  
C10N 40/02  
C10N 50/08-50/10  
C10N 70/00  
B32B 9/00  
C23C 26/00  
F16C 33/24